

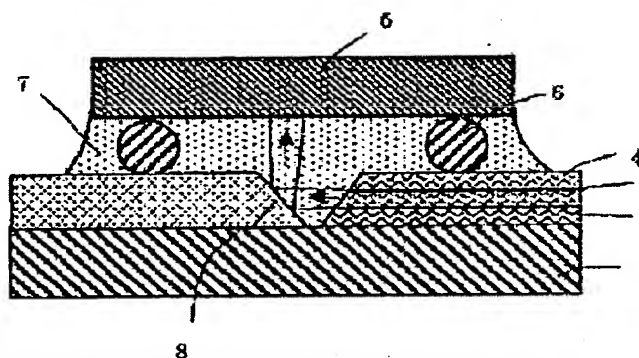
OPTICAL MODULE**Publication number:** JP2002098863**Publication date:** 2002-04-05**Inventor:** KANEKO KATSUHIRO; TANAHASHI SHIGEO**Applicant:** KYOCERA CORP**Classification:****- international:** G02B6/42; G02B6/12; G02B6/42; G02B6/12; (IPC1-7):
G02B6/42; G02B6/122; H01L31/02; H01L31/0232;
H01L33/00; H01S5/022**- european:** G02B6/42C3R**Application number:** JP20000292273 20000926**Priority number(s):** JP20000292273 20000926**Also published as:**

US6661939 (B2)

US2002037138 (A)

Report a data error he**Abstract of JP2002098863**

PROBLEM TO BE SOLVED: To avoid such a problem that in the processes of subjecting an optical device to face-down flip chip mounting on a substrate where an optical waveguide is formed and of filling the gap with the under fill resin, the light propagating the optical waveguide sometimes leaks to the under fill resin to produce stray light. **SOLUTION:** The optical module has an optical device 5 applied by flip chip mounting on a substrate 1, an optical waveguide formed on the substrate 1 and optically connected to the optical device 5, and under fill resin 7 filling the gap between the substrate 1 and the optical device 5 to cover the optically connecting part between the optical device 5 and the optical waveguide. The under fill resin 7 is electrically insulative and has the refractive index equal to or lower than the refractive index of the clad 4 of the optical waveguide. By this method, the mechanical and electrical reliability of mounting for the flip chip mounting of the optical device 5 can be improved and good optical connection can be maintained. The light propagating the optical waveguide does not leak to the under fill resin 7 in the optical connecting part with the optical device 5.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-98863

(P2002-98863A)

(43) 公開日 平成14年4月5日 (2002. 4. 5)

| (51) Int.Cl. ⁷ | 識別記号 | F I | テームト ⁷ (参考) |
|-------------------------------------|------|---------------|------------------------|
| G 0 2 B 6/42 | | G 0 2 B 6/42 | 2 H 0 3 7 |
| 6/122 | | H 0 1 L 33/00 | M 2 H 0 4 7 |
| H 0 1 L 31/0232 | | | N 5 F 0 4 1 |
| 31/02 | | H 0 1 S 5/022 | 5 F 0 7 3 |
| 33/00 | | G 0 2 B 6/12 | B 5 F 0 8 8 |
| 審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 8 頁) 最終頁に続く | | | |

(21) 出願番号 特願2000-292273 (P2000-292273)

(22) 出願日 平成12年9月26日 (2000. 9. 26)

(71) 出願人 000006633

京セラ株式会社

京都府京都市伏見区竹田烏羽殿町6番地

(72) 発明者 金子 勝弘

京都府相楽郡精華町光台3丁目5番地 京

セラ株式会社中央研究所内

(72) 発明者 棚橋 成夫

京都府相楽郡精華町光台3丁目5番地 京

セラ株式会社中央研究所内

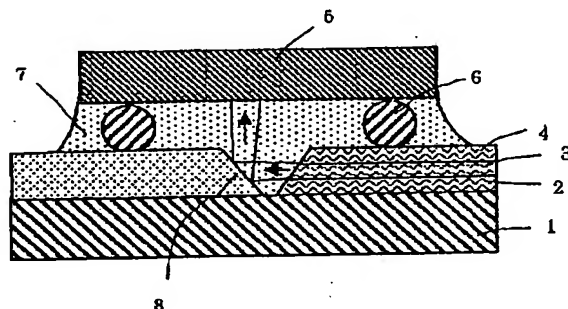
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光モジュール

(57) 【要約】

【課題】 光導波路が形成された基板に光素子をフェイスタウンでフリップチップ実装しアンダーフィル樹脂を充填すると、光導波路を伝搬する光がアンダーフィル樹脂に漏洩して迷光となってしまうことがある。

【解決手段】 基板1上にフリップチップ実装されている光素子5と、基板1上に形成されて光素子5に光接続された光導波路と、基板1および光素子5間に充填され光素子5および光導波路の光接続部を覆うアンダーフィル樹脂7とを具備して成り、アンダーフィル樹脂7は、電氣的に絶縁性であるとともに光導波路のクラッド部4の屈折率に等しいかまたは小さな屈折率を有する光モジュールである。光素子5のフリップチップ実装における機械的かつ電氣的な実装信頼性を向上することができ、良好な光接続を保つことができ、光導波路内を伝搬する光が光素子5との光接続部においてアンダーフィル樹脂7に漏洩することがない。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 電気回路が形成された基板と、該基板上に受光面または発光面を前記基板側に向けてフリップチップ実装されている面受光型光素子または面発光型光素子と、前記基板上に形成され、前記面受光型光素子または面発光型光素子に光接続された光導波路と、前記基板および前記受光面または発光面間に充填されるとともに前記面受光型光素子または面発光型光素子および前記光導波路の光接続部を覆うアンダーフィル樹脂とを具備して成り、該アンダーフィル樹脂は、電気的に絶縁性であるとともに前記光導波路のクラッド部の屈折率に等しいかまたは小さな屈折率を有することを特徴とする光モジュール。

【請求項2】 前記アンダーフィル樹脂は、光照射によって屈折率が大きくなる樹脂であり、前記光導波路側から入射した光が照射された経路の屈折率をその周囲の屈折率よりも大きくすることにより形成した光ガイド構造を有することを特徴とする請求項1記載の光モジュール。

【請求項3】 前記アンダーフィル樹脂は、光照射によって光透過性が高くなる樹脂であり、前記光導波路側から入射した光が照射された経路の光透過性をその周囲の光透過性よりも高くすることにより形成した光ガイド構造を有することを特徴とする請求項1記載の光モジュール。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は光通信モジュール等に用いられる光モジュールに関し、より詳細には、光導波路を形成した電気回路基板上に面動作型光素子をフリップチップ実装し光素子と基板との間をアンダーフィル樹脂で充填した、光素子の電気的および光学の機械的な実装信頼性に優れた光モジュールに関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、電気回路基板への半導体素子の実装方法として、電気回路基板上に半導体素子を導体バンプを介して搭載実装するフリップチップ実装と言われる方法がある。一般的にフリップチップ実装においては、電気回路基板と半導体素子は半田バンプ等の導体バンプを介して電気的な接続と固定が行なわれた上で、電気回路基板と半導体素子との間をアンダーフィル樹脂で充填することによってバンプ接続部分の封止と、それ以外の部分の電気回路基板と半導体素子の固着とが行なわれ、機械的および電気的な実装信頼性の向上が図られている。

【0003】一方、光素子の実装においてもフリップチップ実装が利用されている。例えば、特開平7-183570号公報においては、図2に断面図で示すように、シリコン基板21上に発光素子25を含む化合物半導体ベレット22

と受光素子26を含むシリコン半導体ベレット23とをそれぞれ金製の導体バンプ24を介して機械的かつ電気的に接続することが提案されている。この提案では、発光素子25より出た光は光導波路27に入り、反射面28によって方向を変えて受光素子26に入射することが記載されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】光素子のフリップチップ実装を行なう場合においても、機械的かつ電気的な実装信頼性の向上を図るために、光素子と実装基板との間をアンダーフィル樹脂で充填することが望まれる。また、光素子と実装基板との間に空隙がある場合には光素子と実装基板との間に異物が入る可能性があり、異物が入った場合には光接続に支障をきたすという問題があるために、やはり光素子と実装基板との間をアンダーフィル樹脂で充填することが望まれる。

【0005】しかしながら、光素子と光導波路を形成した実装基板との間をアンダーフィル樹脂で充填する場合においては、従来の機械的かつ電気的な実装信頼性の向上を考慮することに加えて、光素子と光導波路との間で効率よく光を伝搬することも考慮する必要がある。具体的には、アンダーフィル樹脂に光透過性が必要であることは言うまでもないが、光導波路のコア部を覆う上部クラッド部の厚さが薄い場合において、この上部クラッド部を覆うアンダーフィル樹脂の屈折率が上部クラッド部の屈折率よりも大きい場合には、本来はクラッド部よりも大きな屈折率を有するコア部に閉じこめられて光導波路内をガイドされて伝搬する光が、クラッド部の外側に配置されたアンダーフィル樹脂に漏洩してしまい、正規に光を伝搬できなくなってしまうという問題点を招来する。

【0006】また、光導波路と光素子との間では多少の程度の差はあるが光の漏洩があることが普通であるが、一つの基板上に複数の光素子チップが実装されているいわゆるマルチチップモジュールの場合には、この漏洩した光が迷光となって別の光素子や光導波路と結合してクロストークを発生させてしまうという問題点がある。

【0007】本発明は上記従来技術の問題点に鑑みて案出されたものであり、その目的は、光導波路が形成された基板上に光素子をフェイスダウンでフリップチップ実装した上で、光導波路が形成された基板と光素子との間をアンダーフィル樹脂で充填した光モジュールにおいて、光素子の機械的・電気的・光学的な実装信頼性を向上した光モジュールを提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明の光モジュールは、電気回路が形成された基板と、該基板上に受光面または発光面を前記基板側に向けてフリップチップ実装されている面受光型光素子または面発光型光素子と、前記基板上に形成され、前記面受光型光素子または面発光型

光素子に光接続された光導波路と、前記基板および前記受光面または発光面間に充填されるとともに前記面受光型光素子または面発光型光素子および前記光導波路の光接続部を覆うアンダーフィル樹脂とを具備して成り、このアンダーフィル樹脂は、電気的に絶縁性であるとともに前記光導波路のクラッド部の屈折率に等しいかまたは小さな屈折率を有することを特徴とするものである。

【0009】また、本発明の光モジュールは、上記構成において、前記アンダーフィル樹脂は、光照射によって屈折率が大きくなる樹脂であり、前記光導波路側から入射した光が照射された経路の屈折率をその周囲の屈折率よりも大きくすることにより形成した光ガイド構造を有することを特徴とするものである。

【0010】また、本発明の光モジュールは、上記構成において、前記アンダーフィル樹脂は、光照射によって光透過性が高くなる樹脂であり、前記光導波路側から入射した光が照射された経路の光透過性をその周囲の光透過性よりも高くすることにより形成した光ガイド構造を有することを特徴とするものである。

【0011】本発明の光モジュールによれば、電気回路が形成された基板上にフリップチップ実装されている面受光型光素子または面発光型光素子の受光面または発光面と基板間に充填されるとともに、面受光型光素子または面発光型光素子と基板上に形成された光導波路との光接続部を覆うアンダーフィル樹脂が、電気的に絶縁性であるとともに光導波路のクラッド部の屈折率に等しいかまたは小さな屈折率を有するものとされていることから、光素子のフリップチップ実装における機械的かつ電気的な実装信頼性を向上することができ、また光素子と実装基板との間に異物が入る可能性がなく良好な光接続を保つことができるとともに、例えば光導波路のコア部を覆う上部クラッド部の厚さが薄い場合においても、光導波路のコア部に閉じこめられて光導波路内をガイドされて伝搬する光が光素子との光接続部においてクラッド部の外側に配置されるアンダーフィル樹脂に漏洩することがなく、光素子と光導波路との間で良好な光伝搬を行なうことができる。

【0012】また、本発明の光モジュールによれば、これに用いるアンダーフィル樹脂が光照射によって屈折率が大きくなる樹脂であり、光導波路側から入射した光が照射された経路の屈折率をその周囲の屈折率よりも大きくすることにより形成した光ガイド構造を有するものである場合には、光導波路と光素子との間で接続される光はこの光ガイド構造内に閉じこめられて光ガイド構造外に漏洩し難くなり、光信号のクロストークの原因となる迷光の発生を効果的に抑制することができる。

【0013】また、本発明の光モジュールによれば、アンダーフィル樹脂が光照射によって光透過性が高くなる樹脂であり、光導波路側から入射した光が照射された経路の光透過性をその周囲の光透過性よりも高くすること

により形成した光ガイド構造を有するものである場合には、光導波路と光素子との間で接続される光がこの光ガイド外に漏洩したときには、光ガイド構造外の光透過性が低いアンダーフィル樹脂によって漏洩した光が減衰するため、光信号のクロストークの原因となる迷光の発生を効果的に抑制することができる。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明の光モジュールについて図面を参照しつつ説明する。

【0015】図1は、本発明の光電気回路基板の実施の形態の一例を示す断面図である。図1において、1は電気回路が形成された基板、2は基板1上に形成された光導波路の下部クラッド部、3は光導波路のコア部、4は光導波路の上部クラッド部である。5は面受光型または面発光型の光素子、6は基板1の電気回路と光素子5とを電気的・機械的に接続する導体パンプ、7は基板1および光素子5間に充填されているアンダーフィル樹脂、8は基板1上に形成された、光導波路と光素子5との光接続のために光路を変えるためのミラー部である。光導波路のコア部3の他端は、外部回路との光信号の授受のための光ファイバあるいは他の光電変換素子等（図示せず）に光接続されている。

【0016】基板1は、電気回路および光導波路を始めとする光電気回路が形成され、また光素子5が搭載実装される支持基板として機能するものであり、光集積回路基板や光電子混在基板等の光信号を扱う基板として使用される種々の基板、例えばシリコン基板やアルミナ基板・ガラスセラミック基板・多層セラミック基板・プラスチック電気配線基板等が使用できる。

【0017】基板1上に形成される光導波路は、クラッド部2・4中にコア部3が形成された三次元導波路形状の光導波路であり、その形成材料としては、PMMA（ポリメチルメタアクリレート）樹脂・ポリカーボネート樹脂・ポリイミド樹脂・ポリシロキサン樹脂・BCB（ベンゾシクロブテン）樹脂・フッ素樹脂等から成る光導波路を用いればよい。また、シリカやニオブ酸リチウム等の無機系材料を用いた光導波路でもよい。

【0018】この光導波路の作製方法としては、まず基板1上に下部クラッド部2を形成する。有機系材料を用いる場合にはPMMA樹脂・ポリカーボネート樹脂・ポリイミド樹脂・ポリシロキサン樹脂・BCB樹脂・フッ素樹脂等の有機系材料の有機溶媒溶液を基板にスピンコート法等により所定厚みに塗布し、熱処理することにより形成する。

【0019】次に、コア部3を下部クラッド部2上にPMMA樹脂・ポリカーボネート樹脂・ポリイミド樹脂・ポリシロキサン樹脂・BCB樹脂・フッ素樹脂等の有機系材の有機溶媒溶液を基板にスピンコート法等により所定厚みに塗布し、熱処理することにより形成した後、フォトリソグラフィやRIE（リアクティブイオンエッチ

ング)等の周知の薄膜微細加工技術を用いて所定の形状で形成すればよい。ここで、コア部3は下部クラッド部2よりも高い屈折率を有する材料を用いる。

【0020】次に、コア部3を形成した後に、PMMA樹脂・ポリカーボネート樹脂・ポリイミド樹脂・ポリシロキサン樹脂・BCB樹脂・フッ素樹脂等の有機系材料の有機溶媒溶液を基板1にスピンコート法等により所定厚みに塗布し、熱処理することにより、上部クラッド部4を被覆形成する。

【0021】ここで、コア部3の高さ・幅・屈折率、下部クラッド部2の厚さ・屈折率、上部クラッド部4の厚さ・屈折率は、周知の光導波路理論を用いて所望の仕様で設計すればよい。

【0022】以上のようにして、クラッド部2・4中にコア部3が埋め込まれた3次元導波路構造の光導波路を作製する。

【0023】光素子5は、面受光型光素子あるいは面発光型光素子である。このような光素子5としては、例えば、面受光型光素子としては、 $\text{Si} \cdot \text{Ge} \cdot \text{InP} \cdot \text{GaAs} \cdot \text{InAs} \cdot \text{InGaAsP}$ 等の半導体材料を用いたpnフォトダイオード・pinフォトダイオード・フォトトランジスタ・MSM (Metal-Semiconductor-Metal) フォトダイオード・アバランシェフォトダイオードといったものが用いられる。また、面発光型光素子としては、 $\text{AlGaAs} \cdot \text{GaAs} \cdot \text{GaInAsP} \cdot \text{InP}$ 等の半導体材料を用いた面発光型LED・垂直共振器型面発光レーザ・水平共振器または曲がり共振器と光路変換用の回折格子または反射鏡とから構成された面発光レーザといったものが用いられる。また、それらの光素子5と光素子駆動用IC等がモノリシックあるいはハイブリッドに集積されているOEIC (Opto-Electronic Integrated Circuit)等を用いることもできる。

【0024】導体バンプ6は、例えば $\text{Au} \cdot \text{AuSn} \cdot \text{AuGe} \cdot \text{SnPb} \cdot \text{InPb}$ 等のフリップチップ接続に利用される周知のバンプ材料からなるバンプである。導体バンプ6は、基板1に形成してある電気回路(図示せず)と電気的・機械的に接続されている。図1では導体バンプ6は光導波路の表面に設置してあるが、基板1に直接設置してもよい。また、導体バンプ6の形状・大きさ・形成方法は通常のフリップチップ実装技術で利用されるものを適用すればよい。

【0025】ミラー部8は、光導波路を形成する前に予め基板1に切削やエッチングによって斜面を形成してその斜面に高反射性の金属膜を被着する等してミラーとしたり、または、特開平11-183761号公報に示されているように光導波路を形成した後に切削やドライエッチング・レーザーアブレーション等によって斜面を形成してその斜面に高反射性の金属膜を被着する等してミラーとすればよい。また、レリーフ型のグレーティングや屈折率分布型のグレーティング等を用いたグレーティングミラ

ーを形成してもよい。

【0026】アンダーフィル樹脂7は、基板1および光素子5間に充填されるとともに、光素子5および光導波路の光接続部を覆うように配置されている。

【0027】このアンダーフィル樹脂7としては、例えばエラストマ系樹脂・ポリイミド系樹脂・エポキシ系樹脂・シリコン系樹脂・ウレタン系樹脂・ポリマー系樹脂・アクリル系樹脂・フッ素系樹脂・ポリオレフィン系樹脂等を用いることができ、このような樹脂の内、電気的に絶縁性であるとともに、これによって覆われる光導波路の上部クラッド部4の屈折率値以下の屈折率値を有する樹脂を使用する。中でも、エポキシ系樹脂・シリコン系樹脂・フッ素樹脂は、絶縁性が高くかつ屈折率が小さく、さらに耐湿性にも優れており、本発明におけるアンダーフィル樹脂7として好適である。

【0028】基板1と光素子5の受光面または発光面間にアンダーフィル樹脂7を充填するには、例えば、前記各樹脂の有機溶媒溶液やその前駆体の有機溶媒溶液を適当な流れ特性が得られるような粘度に調整して、フリップチップ実装した光素子5の周囲の基板1上に注いでこれらが光素子5の下に流れるようにするか、光素子5の下方に位置する基板1に予め設けた穴から光素子5と基板1との間の間隙にこれらを充填すればよい。次に、加熱や光照射熱または他の手段によりこれらの樹脂を硬化させる。

【0029】なお、光照射によって屈折率が大きくなる特性を有するアンダーフィル樹脂7としては、光照射により架橋・重合したり、色中心の生成等の膜材料の構造に変化が生じることにより屈折率が大きくなる傾向を有する材料を用いればよい。

【0030】例えば、このような材料としては、エポキシ樹脂やポリカーボネート樹脂等の母材ポリマにメチルアクリレート・エチルアクリレート・アクリル酸・トリフルオロエチルアクリレート等の光重合性モノマーと光重合促進剤・増感剤等を含有した樹脂材料を用いることができる。これらの樹脂材料の有機溶媒溶液を光素子5と基板1との間の間隙に充填した後、所定の部分に光を照射して光重合性モノマーを重合させ、次に加熱処理を行ない未反応モノマーを除去しつつ残留樹脂を乾燥硬化させる。これによって、光重合性モノマーが重合して残留した部分の屈折率とその周囲の未反応モノマーが除去された部分に対して大きくなったアンダーフィル樹脂7が得られる。

【0031】また、エポキシ系・シリコン系またはアクリル系等の有機モノマーやオリゴマーやポリマーに光重合開始剤を添加したものを使用することができる。これらのうちモノマーやオリゴマーは、溶液を適度な粘度に調整することによって光素子5と基板1との間にくまなく溶液を浸透させることが容易であり好適である。

【0032】例えばエポキシ系オリゴマーを用いた場合

には、エポキシ系オリゴマー中に含まれるエポキシ基あるいはアルコキシ基と、水酸基とを光照射により架橋させ、その後加熱処理を行ない未反応の光重合開始剤や溶媒を分解・除去し樹脂を乾燥硬化させることによって光照射部分の屈折率をその周囲の未照射部分に対して大きくすることができる。

【0033】また、シリコン系オリゴマーを用いる場合には、光重合開始剤だけではなく、アルコキシシランやアミノシラン等の架橋剤として働くものや、光カチオン重合性を有するエポキシ基やビニルエーテル基、あるいはラジカル重合性のアクリル基をシリコン系オリゴマーに共有結合させたものも使用できる。これらの樹脂材料の有機溶媒溶液を光素子5と基板1との間の隙間に充填した後、所定の部分に光を照射して架橋させ、その後、加熱処理を行ない未反応の光重合開始剤や溶媒を分解・除去し樹脂を乾燥硬化させることによって、光照射により架橋した部分の屈折率をその周囲の未照射部分に対して大きくすることができる。

【0034】また、アクリル系オリゴマーを用いる場合は、アクリル系オリゴマーとカルボニル化合物や過酸化物質・アゾ化合物・アジド化合物・ビスアジド化合物・ジアゾ化合物等を架橋剤として添加し、さらに光重合開始剤とからなる混合物が使用できる。これらの樹脂材料の有機溶媒溶液を光素子5と基板1との間の隙間に充填した後、所定の部分に光を照射して架橋させ、その後、加熱処理を行ない未反応の光重合開始剤や溶媒を分解・除去し樹脂を乾燥硬化させることによって、光照射により架橋した部分の屈折率をその周囲の未照射部分に対して大きくすることができる。

【0035】これらに用いる光重合開始剤としては、スルホニウム塩・オスミウム塩・アンチモニウム塩等の光カチオン重合開始剤等の通常光重合開始剤として用いられているものを使用すればよい。

【0036】これらのアンダーフィル樹脂7において光が照射された経路の屈折率をその周囲の屈折率よりも大きくすることにより光ガイド構造を形成する方法としては、上述のアンダーフィル樹脂7の有機溶媒溶液を光素子5と基板1との間の隙間に充填した後、光導波路の光素子5と接続しない方の端から光を入射して光導波路を伝搬させて、ミラー部8で光路を変え光素子5へ入射して、実際に伝搬させる光の伝搬する経路に沿って樹脂を架橋重合させる。その後、加熱処理を行ないアンダーフィル樹脂7を乾燥硬化させる。これにより、アンダーフィル樹脂7の屈折率を実際に伝搬させる光の伝搬する経路に沿ってその周囲よりも大きくすることができる。また、この際、光を伝搬させている最中に光が照射された部分の屈折率が周囲よりも大きくなっていけば、屈折率の大きい部分に光がガイドされて伝搬するため光が大きく発散することなく進むことができ、自己形成的に光ガイドが形成される。

【0037】ここで、光ガイドとして十分な機能を得るためには、光照射による屈折率の変化は0.1%以上が望まれる。

【0038】また、照射する光は樹脂を架橋重合させるのに十分なエネルギーとパワーが必要である。すなわち樹脂中の光重合開始剤と増感剤に適合したエネルギーを持つ光を用いればよいが、具体的にはUV光・可視光・近赤外光が相当する。中でも、実際に光信号伝送に用いる光の波長（すなわちエネルギー）に近い光で架橋重合すれば、実際の光信号伝送時と同様の伝搬経路で光ガイドを形成することができ効率的な光接続部の形成が達成できる。

【0039】また、光照射によって光透過性が高くなる特性を有するアンダーフィル樹脂7としては、水酸基や、ビニル基やフェニル基・メチル基等の有機成分が末端基として付帯したモノマーあるいはオリゴマーと光重合促進剤とを含有し、光照射によって脱水重合や脱アルコール重合により近赤外光の吸収の要因となる-OHや-CHを脱離することが可能な樹脂材料を用いればよい。

【0040】例えば、シリコン原子にOH基と、メチル基等のアルキル基やフェニル基等の有機成分が末端基として付帯したモノマー、あるいは、オリゴマーと光反応型の重合促進剤、有機溶媒から成るシロキサンポリマ膜形成用溶液を光素子と基板との間の隙間に充填した後、所定の部分に光を照射することによって脱水重合もしくは脱アルコール重合によりシロキサン結合が形成され、その後、加熱処理によって材料中に残留した溶媒や重合促進剤、また、水やアルコール等の重合の際の副生成物等を膜外へ排出するとともに、光未照射部分の乾燥硬化を行なう。これにより、光未照射部分には近赤外光の吸収の要因となる-OHや-CHが残留しているため光吸収が大きい、光照射を行なった部分には近赤外光の吸収の要因となる-OHや-CHが減少しているため、光透過性が高くなる。

【0041】これらのアンダーフィル樹脂7において光が照射された経路の光透過性をその周囲よりも高くすることにより光ガイド構造を形成する方法としては、上述のアンダーフィル樹脂7の有機溶媒溶液を光素子5と基板1との間の隙間に充填した後、光導波路の光素子5と接続しない方の端から光を入射して光導波路を伝搬させて、ミラー部8で光路を変え光素子5へ入射して、実際に伝搬させる光の伝搬する経路に沿って樹脂を架橋重合させる。その後、加熱処理を行ないアンダーフィル樹脂7を乾燥硬化させる。これにより、アンダーフィル樹脂7の屈折率を実際に伝搬させる光の伝搬する経路に沿って光透過性をその周囲よりも高くすることができる。

【0042】なお、光導波路の上部クラッド部4が十分な厚さを有して上部クラッド部4からの光の漏洩が無視できる程度になっている場合には、光ガイド構造を形成

するアンダーフィル樹脂7には上部クラッド部4を覆う部分における屈折率が上部クラッド部4の屈折率よりも大きいものを用いてもよい。

【0043】

【実施例】次に、本発明の光モジュールについて具体例を説明する。

【0044】まず、アルミナ基板上に厚さ2 μ mのCuから成る電気配線層と光素子をフリップチップ実装するための導体バンプを設置する実装用パッドを形成した電気配線基板を作製した。パッド部にはAu/Niメッキを施し最上部のAuは厚さ1 μ mとした。

【0045】次に、この基板上に、シロキサンポリマの有機溶媒溶液をスピンコート法によって塗布し、85°C/30分および150°C/30分の熱処理を行ない、厚さ12 μ mのクラッド部（屈折率1.4405、 λ =1.3 μ m）を形成した。

【0046】次に、シロキサンポリマとテトラ- n -ブトキシチタンとの混合液をスピンコート法によってクラッド部上に塗布し、85°C/30分および150°C/30分の熱処理を行ない、厚さ7 μ mのコア層（屈折率1.4450、 λ =1.3 μ m）を形成した。

【0047】続いて、厚さ0.5 μ mのAl膜をスパッタリング法によりコア層上に形成し、コア部のパターンとなるフォトリソパターンをフォトリソグラフィ手法により形成した。次いで、磷酸・酢酸・硝酸の混合溶液によりAl膜をエッチングし、レジストパターンが転写されたAlパターンを形成した。

【0048】次いで、レジストを除去した後、CF₄ガスとO₂ガスを用いたRIE加工によりコア部のエッチング加工を行ない、幅7 μ m×高さ7 μ mの断面がほぼ矩形のコア部を形成した。

【0049】その後、Alパターンを除去し、上記と同様にしてクラッド部（屈折率1.4405、 λ =1.3 μ m）を形成してコア部を埋め込み、クラッド部がシロキサン系ポリマ、コア部がチタン含有シロキサン系ポリマから成るステップインデックス型光導波路を形成した。上部クラッド部の厚さとしては、光導波路層全体の厚さが25 μ mとなるようにした。

【0050】次に、ミラー部を形成するため、光導波路のコア部を形成した際と同様にミラー開口部となる開口パターンを形成したAl膜をマスクとしてRIE加工を行ない、ミラー部斜面を形成した。RIE加工の際、圧力・RFパワーを適切に調整してミラー部の斜面が45度の角度を持つようにした。その後、Al膜を除去し、リフトオフ法を利用してミラー部となる部分の斜面にAu膜を形成してミラー部を形成した。

【0051】また、ミラー斜面を形成するのと同時に光素子実装用のパッド部を開口した。

【0052】次に、光素子として面受光型の受光素子を受光面を基板側にして、高さ100 μ mのAuバンプを介

して超音波および加熱圧着により、基板上に形成した実装用パッドに機械的および電氣的に接合した。

【0053】光導波路、ミラー部および受光素子は光導波路を通りミラー部で偏向した光が受光素子の受光領域内に入るように配置した。

【0054】次に、光導波路の受光素子と接続した方の端が基板の端面に露出するようにダイシングブレードを用いて個別の基板に切り分けた。

【0055】次に、アンダーフィル樹脂材料として、シリコン原子にOH基と、メチル基およびフェニル基が末端基として付帯したモノマー、光反応型の重合促進剤、および有機溶媒から成るアンダーフィル樹脂用溶液をマイクロシリンジを用いて受光素子と光導波路および基板との間の隙間に注入した。次いで、基板端面に露出した光導波路の端部から光ファイバでガイドされた高圧水銀ランプからの紫外光を入射し、ミラー部で偏向して受光素子へと照射してアンダーフィル樹脂の光が伝搬する経路を露出し樹脂の架橋重合を行なった後、200°C/1時間の加熱処理を行なってアンダーフィル樹脂を乾燥硬化して、光が照射された経路の光透過性とその周囲の光透過性よりも高くなった光ガイド構造を形成した。このアンダーフィル樹脂の屈折率は1.4367であった。

【0056】そして、本例の効果として、まず、アンダーフィル樹脂の屈折率が上部クラッド部の屈折率よりも小さいため、光導波路を伝搬する光がクラッド部外のアンダーフィル樹脂に漏洩することなく良好な光伝搬を保つことができることを、ビーム伝搬法によるシミュレーションと、切断した光導波路断面のニアフィールドパターンを観察することによって確認した。さらに、形成した光ガイドは、波長1.55 μ mの光に対して、紫外光を照射して形成した光ガイドの光透過性が高い部分は0.1 dB/mmの光透過性を示し、その周囲の紫外光を照射されていない部分は約1 dB/mmの光透過性を示し、光ガイド外を伝搬する光を減衰させる効果が確認できた。

【0057】なお、本発明は以上の実施の形態の例に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の変更・改良を加えることは何ら差し支えない。例えば、光照射によって屈折率が大きくなるとともに光透過性が高くなる樹脂をアンダーフィル樹脂として用いて、光照射によって周囲よりも屈折率が大きく、かつ光透過性が高い光ガイド構造を形成してもよい。

【0058】

【発明の効果】本発明の光モジュールによれば、電気回路が形成された基板と、この基板上に受光面または発光面を前記基板側に向けてフリップチップ実装されている面受光型光素子または面発光型光素子と、基板上に形成され、面受光型光素子または面発光型光素子に光接続された光導波路と、基板および受光面または発光面間に充填されるとともに面受光型光素子または面発光型光素子

および光導波路の光接続部を覆うアンダーフィル樹脂とを具備して成り、このアンダーフィル樹脂は、電氣的に絶縁性であるとともに光導波路のクラッド部の屈折率に等しいかまたは小さな屈折率を有するものとされていることから、光素子のフリップチップ実装における機械的かつ電氣的な実装信頼性を向上することができ、また光素子と実装基板との間に異物が入る可能性がなく良好な光接続を保つことができる。さらに、光導波路のコア部を覆う上部クラッド部の厚さが薄い場合においても、光導波路のコア部に閉じこめられて光導波路内をガイドされて伝搬する光が光素子との光接続部においてクラッド部の外側に配置されるアンダーフィル樹脂に漏洩することがなく、光素子と光導波路との間で良好な光伝搬を行なうことができる。

【0059】また、本発明の光モジュールによれば、これに用いるアンダーフィル樹脂が光照射によって屈折率が大きくなる樹脂であり、光導波路側から入射した光が照射された経路の屈折率をその周囲の屈折率よりも大きくすることにより形成した光ガイド構造を有するものである場合には、光導波路と光素子との間で接続される光はこの光ガイド構造内に閉じこめられて光ガイド構造外に漏洩し難くなり、光信号のクロストークの原因となる迷光の発生を効果的に抑制することができる。

【0060】また、本発明の光モジュールによれば、アンダーフィル樹脂が光照射によって光透過性が高くなる樹脂であり、光導波路側から入射した光が照射された経路*

*路の光透過性をその周囲の光透過性よりも高くすることにより形成した光ガイド構造を有するものである場合には、光導波路と光素子との間で接続される光がこの光ガイド外に漏洩したときには、光ガイド構造外の光透過性が低いアンダーフィル樹脂によって漏洩した光が減衰するため、光信号のクロストークの原因となる迷光の発生を効果的に抑制することができる。

【0061】以上により、本発明によれば、光導波路が形成された基板に光素子をフェイスダウンでフリップチップ実装した上で、光導波路が形成された基板と光素子との間をアンダーフィル樹脂で充填した光モジュールにおいて、光素子の機械的・電氣的・光学的な実装信頼性を向上した光モジュールを提供することができた。

【図面の簡単な説明】

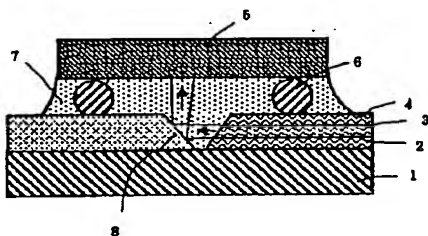
【図1】本発明の光モジュールの実施の形態の一例を示す断面図である。

【図2】従来の光モジュールの例を示す断面図である。

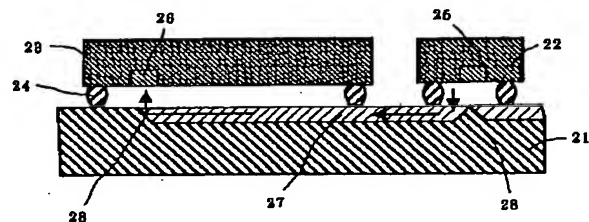
【符号の説明】

- 1・・・基板
- 2・・・光導波路の下部クラッド部
- 3・・・光導波路のコア部
- 4・・・光導波路の上部クラッド部
- 5・・・面受光型または面発光型の光素子
- 6・・・導体パンプ
- 7・・・アンダーフィル樹脂

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁷

H01L 33/00

H01S 5/022

識別記号

F I

H01L 31/02

テーマコード (参考)

C

B

Fターム(参考) 2H037 AA01 BA02 BA11 CA37 DA02
DA03 DA17
2H047 LA09 MA07 TA23
5F041 AA31 CA12 DA20 DC81 DC84
EE01 EE21 FF14
5F073 BA01 EA27 FA06 FA13 FA21
5F088 BA20 BB01 JA01 JA05 JA14

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record.**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.